



Forvaltningsgrundlag for fiskeri af muslinger i Natura 2000-områderne Horsens Fjord og Lillebælt

Nielsen, Mette Møller; Linden-Vørnle, Michael; Petersen, Jens Kjerulf

Publication date:
2019

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Nielsen, M. M., Linden-Vørnle, M., & Petersen, J. K. (2019). *Forvaltningsgrundlag for fiskeri af muslinger i Natura 2000-områderne Horsens Fjord og Lillebælt*. Technical University of Denmark. DTU Aqua-rapport No. 343-2019

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

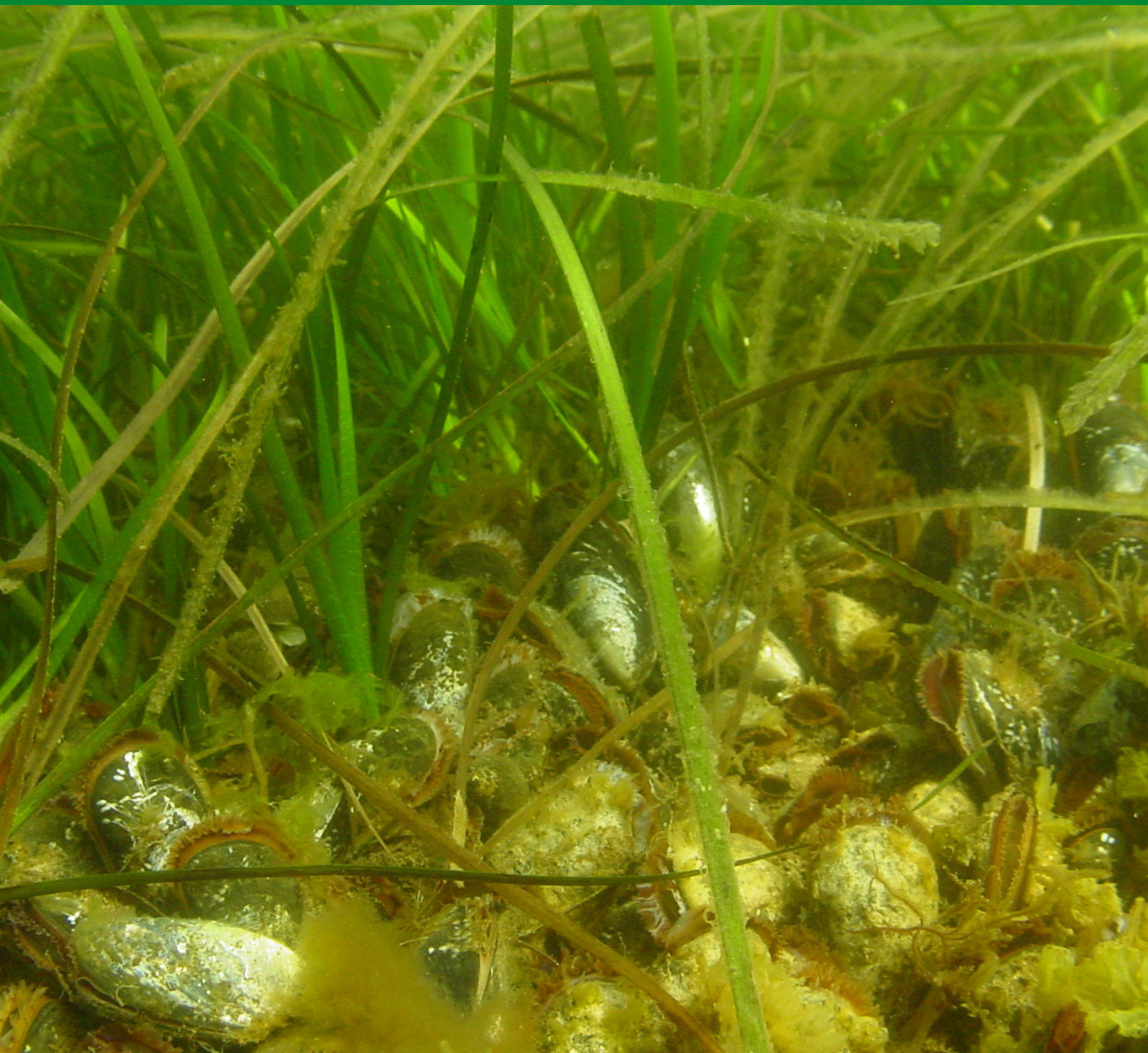
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Forvaltningsgrundlag for fiskeri af muslinger i Natura 2000-områderne Horsens Fjord og Lillebælt

Af Mette Møller Nielsen, Michael Linden-Vørnle og Jens Kjerulf Petersen

DTU Aqua-rapport nr. 343-2019





Forvaltningsgrundlag for fiskeri af muslinger i Natura 2000-områderne Horsens Fjord og Lillebælt

Af Mette Møller Nielsen, Michael Linden-Vørnle og Jens Kjerulf Petersen

DTU Aqua-rapport nr. 343-2019

Kolofon

Titel:	Forvaltningsgrundlag for fiskeri af muslinger i Natura 2000-områderne Horsens Fjord og Lillebælt
Forfattere:	Mette Møller Nielsen, Michael Linden-Vørnle og Jens Kjerulf Petersen
DTU Aqua-rapport nr.	343-2019
År:	Det videnskabelige arbejde er færdiggjort juli 2018. Rapporten er offentliggjort juni 2019
Reference:	Nielsen, M.M., Linden-Vørnle, M. & Petersen, J.K. (2019) Forvaltningsgrundlag for fiskeri af muslinger i Natura 2000-områderne Horsens Fjord og Lillebælt. DTU Aqua-rapport nr. 343-2019. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 28 pp. + bilag
Forside:	Foto: Per Dolmer
Udgivet af:	Institut for Akvatiske Ressourcer, Kemitorvet, 2800 Kgs. Lyngby
Download:	www.aqua.dtu.dk/publikationer
ISSN:	1395-8216
ISBN:	978-87-7481-263-0

Forord

Dette er den afsluttende rapport for projektet "Forvaltningsgrundlag for fiskeri af muslinger i N2000 områderne Horsens Fjord og Lillebælt" under ordningen "Fiskeri, natur og miljø EHFF" og er blevet til i et samarbejde mellem DTU Aqua og DTU Space.

Projektet har haft til formål at øge vidensgrundlaget for muslingepolitikken ved at tilvejebringe det faglige grundlag for forvaltning af fiskeri af blåmuslinger i områderne Horsens Fjord og Lillebælt. Projektet har i denne henseende haft fokus på kortlægning af økosystemkomponenterne ålegræs og makroalger, samt optimering af nye metoder, såsom modellering og brug af droner. Projektet er udført i perioden 26-01-2016 til 14-07-2018 af Dansk Skaldyrcenter, DTU Aqua med deltagelse af DTU Space.

Projektet er gennemført med finansiel støtte fra EU, Den Europæiske Hav- og Fiskerifond, Udenrigsministeriets fiskeriudviklingsprogram.

Alle offentliggjorte projektrapporter fra DTU Aqua, kan hentes i elektronisk form på DTU Aquas hjemmeside www.aqua.dtu.dk/Publikationer.

Originale tekster og illustrationer fra denne rapport må gengives til ikke-kommercielle formål under forudsætning af tydelig kildeangivelse.

Henvendelse vedrørende denne rapport kan ske til:

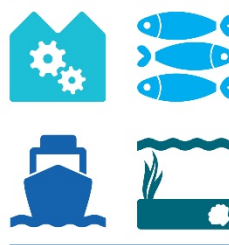
DTU Aqua
Dansk Skaldyrcenter,
Øroddevej 80
7900 Nykøbing Mors
Tlf. 96 69 02 83
post@skaldyrcenter.dk
www.aqua.dtu.dk/forskning/skaldyr

Projektet er finansieret af Den Europæiske Hav- og Fiskerifond og Fiskeristyrelsen:



Den Europæiske Union
Den Europæiske Hav- og Fiskerifond

HAV & FISK



Indhold

Resumé	5
1. Indledning	7
2. Materialer og metoder	10
2.1 Kortlægning	10
2.2 GIS-model	11
2.3 Droner	12
3. Resultater og diskussion.....	14
3.1 Horsens Fjord: kortlægning og model	14
3.2 Lillebælt: kortlægning og model.....	19
3.3 Droner	24
4. Sammenfatning	26
4.1 Fremtidig brug af GIS-modeller	26
4.2 Fremtidig anvendelse af drone-teknologi	27
5. Referencer	28
Bilag A: Model-lag for Horsens Fjord	29
Bilag B: Model-lag for Lillebælt.....	31

Resumé

I muslingepolitikken er der opstillet målsætninger og forvaltningsprincipper for muslingeskrab og øvrig muslingeproduktion i Danmark, der bl.a. omhandler særlige beskyttelsesbehov i forhold til udpegede arter – heraf økosystemkomponenterne ålegræs og makroalger. For ålegræs er der nul-tolerance, mens acceptabel påvirkning af makroalger vil kunne tillades. Imidlertid bygger målsætningerne ikke på et solidt fagligt grundlag forstået som viden om økosystemkomponenterne i de konkrete fiskeriområder, og derved havner forvaltningen i et dilemma mellem forsigtighedsprincippet i forhold til økosystemkomponenterne og udnyttelse af muslingeressourcerne til fiskeri.

I habitatområderne Horsens Fjord og Lillebælt mangler der basal kendskab til beskyttelseskrav i områderne og der er bl.a. behov for tilvejebringelse af viden om de økosystemkomponenter, der indgår i muslingepolitikken. Dette projekt har således haft til formål, at tilvejebringe viden om økosystemkomponenterne makroalger og ålegræs i Natura 2000-områderne Horsens Fjord og Lillebælt til brug i forvaltningen af muslingefiskeriet i områderne.

Områderne blev monitoreret via videoundersøgelser i begyndelsen af sommeren 2016 og 2017. I alt 637 video-transekter blev udført i de to områder svarende til ca. 60 km havbund og 65 timers videooptagelser. Videoerne blev analyseret for tilstedeværelsen af ålegræs og 9 forskellige grupper af makroalger samt dækning af sten, grus og skaller og sedimentkarakteristik. Desuden blev sedimentprøver taget på 50 stationer for at kalibrere de visuelle inspektioner fra videoerne. De indsamlede oplysninger blev omdannet til detaljerede kort over makroalge- og ålegræsforekomsterne i områderne. Data fra kortlægningen blev desuden indarbejdet i en model for hvert af de to områder, der blev udviklet inden for projektet for at beskrive ålegræssets potentielle forekomst og spredningspotentiale. Endelig blev der udført et konceptstudie af droneteknologi til kortlægning af ålegræs for at udvikle billige alternativer til traditionelle overvågningsstrategier.

I begge områder pegede resultaterne på gode betingelser for makroalger og der blev således konstateret høje forekomster af makroalger på dybder op til 10 og 12 m dybde i henholdsvis Horsens Fjord og Lillebælt. Dykkerundersøgelser afslørede endvidere en høj diversitet af makroalger i begge områder.

For ålegræs viste resultaterne for begge områder spredte forekomster, der sammenlagt dækkede 10% og 14% af det samlede areal af henholdsvis Horsens Fjord og Lillebælt. Resultaterne fra modellerne viste, at de største begrænsende faktorer for yderligere ekspansion af ålegræs i begge områder er hyppige hændelser af resuspension samt dårlige lysforhold på dybere vand (> 5 m). På nuværende tidspunkt er de dybeste observationer af ålegræsbede henholdsvis 6 m og 5 m for Horsens Fjord og Lillebælt. En høj overensstemmelse mellem de faktiske observerede forekomster af ålegræs baseret på videoundersøgelserne og de potentielle forekomster fremkommet ved modellering, understreger potentialet for brug af modeller som et fremtidigt redskab i forvaltningen af ålegræs. Desuden har projektet, på baggrund af konceptstudiet med anvendelse af drone-teknologi til kortlægning af ålegræs, vist at droneteknologi kan bidrage til en mere effektiv systematisk monitoreringsstrategi - især i lavvandede vandområder med klart vand (<4-5 m).

Resultater fra de foreliggende undersøgelser har tilvejebragt den nødvendige faglige viden om økosystemkomponenterne ålegræs og makroalger, der kan sikre en fremtidig videnbaseret forvaltning af muslingefiskeri i områderne. Fx er der som led i projektet udarbejdet en skabelon for konsekvensvurdering af fiskeri efter blåmuslinger ved og øst for Horsens Fjord samt Endelave, hvori kortlægning af makroalger og ålegræs fra dette studie indgår (Nielsen et al. 2017).

1. Indledning

Som ansvarlig for fiskerireguleringen er det Miljø- og fødevareministeriets opgave at sikre hensynet til natur og miljø ved forvaltning af fiskeriet. For fiskeri efter muslinger har MFVM udarbejdet nogle målsætninger og forvaltningsprincipper for muslingeskrab og øvrig muslingeproduktion i Danmark, som er sammenfattet i muslingepolitikken. Målsætningerne og principperne i muslingepolitikken gælder generelt for hele muslingefiskeriet, men i Natura 2000 områderne er der særlige beskyttelsesbehov i forhold til udpegede naturtyper og arter. Følgelig er der i muslingepolitikken beskrevet nogle principper for forvaltningen med henblik på at reducere påvirkningen af natur og miljø.

Fokus for forvaltningen af muslingefiskeri i Natura 2000 områderne er arealpåvirkning for udvalgte økosystemkomponenter som ålegræs, blåmuslinger, makroalger og bundfauna i relation til en kumulativ påvirkning. Der er forskellige målsætninger for de forskellige komponenter. Således er der nul-tolerance for påvirkning af ålegræs og stenrev, mens acceptabel påvirkning af bundfauna og makroalger vil kunne tillades. Imidlertid bygger målsætningerne ikke på et solidt fagligt grundlag forstået som viden om økosystemkomponenterne i de konkrete fiskeriområder, og derved havner forvaltningen i et dilemma mellem forsigtighedsprincippet i forhold til økosystemkomponenterne og udnyttelse af muslingeressourcerne til fiskeri. Typisk mangler der viden om faktisk forekomst af ålegræs og makroalger. Viden indsamlet af miljømyndighederne er primært forankret i kendte bestande af fx ålegræs og har til formål at følge dybdeudbredelsen i relation til eutrofiering, men savner som regel helt den arealmæssige udbredelse af ålegræsset i specifikke vandområder, som er af central betydning for forvaltning af andre aktiviteter. Den manglende viden betyder, at forvaltningen primært eller alene baserer sig på forsigtighedsprincippet og dermed begrænser udnyttelse af ressourcerne.

I Natura 2000 områderne i Limfjorden er der gennem de senere år foretaget en omfattende kortlægning af de vigtigste økosystemkomponenter og en række vigtige bentiske substrater, hvilket har medført, at der har kunnet gennemføres en meget detaljeret forvaltning af fiskeriet, så der på den ene side bliver taget hensyn til ålegræsset og på den anden side er blevet givet tilladelse til et fiskeri, som også har bevæget sig ind på lavere vanddybder end generelle dybdegrænser ellers ville tillade. Fordi det med det fagligt veldokumenterede grundlag har været muligt præcist at beskrive de faktiske effekter af fiskeriet og adskille dem fra formodede effekter, er forvaltningen blevet gennemført fagligt forsvarligt.

I habitatområde 52 Horsens Fjord har der ikke tidligere været gennemført konsekvensvurderinger, fordi der ikke har været fisket i habitatområdet i en længere årrække. Der mangler derfor et basal kendskab til beskyttelseskrav i området og der er bl.a. behov for tilvejebringelse af viden om de økosystemkomponenter, der indgår i muslingepolitikken. Endelig mangler der en skabelon for en konsekvensvurdering af fiskeri af blåmuslinger i Horsens Fjord, fordi området ikke tidligere har været omfattet af DTU Aquas myndighedsbetjening på området.

I habitatområde H96 Lillebælt har der gennem de senere år været gennemført et fiskeri efter blåmuslinger baseret på konsekvensvurderinger lavet af DTU Aqua. Datagrundlaget for konsekvensvurderingerne har for alle økosystemkomponenterne på nær blåmuslinger samt andre be-

skyttede naturtyper som stenrev været baseret på data fra den nationale og regionale miljøovervågning. Stationerne for ålegræs i denne overvågning ligger i den nordlige del af habitatområdet bl.a. i den lavvandede og beskyttede Gamborg Fjord, hvor der ikke foregår fiskeri. I de dele af H96, hvor der gennem årene oftest er foregået fiskeri, er der derimod meget begrænset information om ålegræs og makroalger og forvaltningen er derfor nødt til at bygge på fx dybdeudbredelse af ålegræs fra områder, der ikke er relevante for forvaltning af fiskeriet. Det betyder, at de nuværende estimater af fiskeriets påvirkning af økosystemkomponenterne i bedste fald er behæftet med endog meget betydelig usikkerhed og i værste fald er egentlig fejlagtige, og dermed kan begrænse erhvervets aktiviteter uden, at det nødvendigvis resulterer i øget naturbeskyttelse.

Der er således et stort behov for, at der udvikles samme værktøjer for H52 og H96, som er tilgængelige for forvaltningen af muslingefiskeriet i Limfjordens habitatområder. I nærværende projekt er der blevet gennemført følgende aktiviteter med det formål at danne det faglige grundlag for detaljeret og præcis forvaltning af fiskeri efter blåmuslinger i de to habitatområder:

- Kortlægning af økosystemkomponenterne ålegræs og makroalger i habitatområderne H52 og H96.
- Beskrivelse af bundforholdene i H52 og H96 gennem analyse af forekomst af forskellige substrater samt prøvetagning for sedimentkarakteristik.
- Udarbejdelse af skabelon for konsekvensvurderinger af fiskeri i H52 Horsens Fjord.
- Udvikling af GIS-model for forudsigelse af ålegræssets potentielle udbredelse i Horsens Fjord og Lillebælt.

Resultaterne skal danne basis for en forbedret forvaltning af fiskeriet af blåmuslinger og for langsigtede forvaltningsplaner.

Endelig er der arbejdet på at udvikle en ny metode baseret på droner til fremtidig kortlægning af ålegræs, der potentielt vil gøre det muligt at lave præcise kortlægninger på især lavt vand med et lavere omkostningsniveau end for den nuværende kortlægning. Med droner er det potentielt muligt at overflyve meget veldefinerede arealer og genbesøge præcis de samme områder år efter år. Endvidere kan dronerne medbringe sensorsystemer som fx multi- eller hyperspektrale kameraer, der kan optimeres til at registrere forekomsten af særlige planter som fx ålegræs.

Med projektet er der foretaget kortlægning af de mest centrale økosystemkomponenter i muslingepolitikken i to vigtige fiskeriområder, hvor der hidtil ikke har forelagt tilstrækkeligt datagrundlag. Endvidere er der udfærdiget en skabelon for fremtidige konsekvensvurderinger af fiskeri af blåmuslinger i habitatområde H52 Horsens Fjord i form af en fuld konsekvensvurdering med angivelse af, hvilke afsnit, der løbende vil kunne opdateres. Endeligt er der udarbejdet GIS-modeller for potentiel ålegræsudbredelse i Horsens Fjord og Lillebælt, der sammen med den ovennævnte kortlægning vil kunne sikre et fagligt grundlag for fremtidig forvaltning i en længere årrække uden, at ny monitoring vil være nødvendig. Endelig er der testet nye omkostningseffektive metoder i form af overflyvning med droner, som på sigt kan gøre overvågningen mere effektiv, detaljeret og billigere.

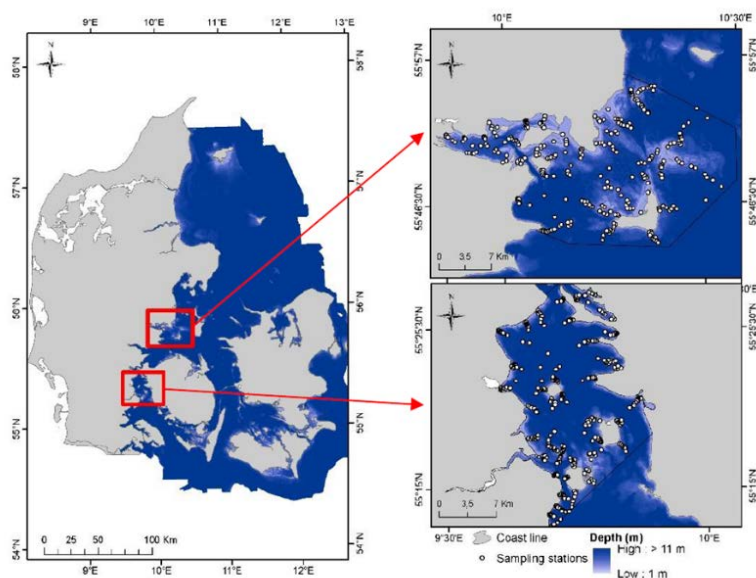
Resultater fra projektet vil give mulighed for et bedre planlagt og udvidet fiskeri, og for især H52 et nyt fiskeri. Desuden vil fiskeriet i områderne kunne planlægges for en længere årrække uden at skulle konsekvensvurderes hvert år, som man ser det i Limfjorden, hvor erfaringer har vist, at

der med et solidt datagrundlag for forvaltningen ikke er behov for fulde konsekvensvurderinger hvert år. Derimod kan fiskeriet i habitatområderne åbnes alene på estimer af faktisk gennemført fiskeri i den forgangne periode og størrelsen af bestanden af blåmuslinger. Dermed sker der en betydelig effektivisering af forvaltningen, fiskeriet kan hurtigere få svar på deres fiskeriønsker i habitatområderne og DTU Aqua vil kunne give en bedre og mere rationel faglig rådgivning.

2. Materialer og metoder

2.1 Kortlægning

Monitering af tilstedeværelse af bentisk vegetation og karakteristik af bundforholdene blev gennemført som videooptagelser i juni-juli 2016 i Horsens Fjord og juni-juli 2017 i Lillebælt. I områderne blev der foretaget videooptagelser på henholdsvis 288 (Horsens Fjord) og 349 stationer fordelt over hele det givne område (Figur 1). På hver station blev der filmet ca. 90 m havbund parallelt med kysten og langs en specifik dybdekurve. Videooptagelserne blev udført på vanddybder fra 1 m og ud til 16 m i intervaller af hele meter.



Figur 1. Kort over undersøgelses-områderne Horsens Fjord og Lillebælt. Den blå gradient indikerer bathymetrien, mens positionerne for videooptagelserne er markeret med hvide punkter.

2.1.1 Vegetation

Videoerne blev analyseret for sammensætning af bentisk vegetation, samt bund- og sedimentforhold. Analyserne af videooptagelserne baserer sig på kategorisering i grupper på baggrund af visuel identifikation. Forekomst af ålegræs blev vurderet over det totale transekt efter følgende kategorier: 0 = ingen ålegræs, 1 = enkelte frøspirede planter, 2 = mindre bede og 3 = tætte bede. Forekomst af makroalger og makroalgernes forekomst blev analyseret i 9 overordnede grupper: 1) opportunistiske grønalger (fx søsalat og krølhårstang), 2) strengetang (*Chorda filum*), 3) filamentøse opportunistiske brunalger, 4) Fucus-arter, 5) skulptetang, 6) øvrige brunalger (fx sukker-tang), 7) skorpealger, 8) filamentøse rødalger og 9) øvrige rødalger (fx carragentang og ribbe-blad). Tilstedeværelsen af makroalger inden for hver af de beskrevne grupper blev inddelt i følgende kategorier: 0 = ingen forekomst, 1 = enkelte individer, 2 = mindre forekomster, og 3 = tætte forekomster. Forekomsterne af ålegræs og makroalger blev herefter interpoleret for at visualisere den sandsynlige rumlige fordeling i området ved Horsens Fjord og Lillebælt. Interpolationen blev foretaget som *Spline with Barriers*, hvor polygoner i 1 meter intervaller af bathymetrien er barriererne. Interpolationen giver mulighed for at sandsynliggøre potentielle forekomster i sammenhængende områder.

For at få et mere detaljeret billede af artsdiversiteten af makroalgerne blev der på baggrund af videooptagelserne i områderne udpeget henholdsvis 15 (Lillebælt) og 18 (Horsens Fjord) stationer med så forskelligartet vegetationsstruktur som muligt, hvor der i umiddelbar forlængelse af videooptagelserne blev foretaget dykkerindsamlinger af makroalger til artsidentifikation.

2.1.2 Sedimentkarakteristik

Sedimentets stabilitet er afgørende for ålegræssets mulighed for at etablere sig. Derfor blev sedimentets beskaffenhed analyseret på alle video-transekterne (288 og 349 for Horsens Fjord og Lillebælt). Sedimentets karakter blev vurderet visuelt ud fra videooptagelserne og givet en karakter fra 1 til 5, hvor 1 = flydende mudder, 2 = mudder, 3 = blandet mudder og sand, 4 = sand, og 5 = ren sand. For at kalibrere den visuelle identifikation af sedimenttype blev der for hvert af de to områder udtaget 5 stationer for hver karakter (i alt 50 stationer), hvor der blev udtaget bundprøver til analyse af sedimentet. Stationerne blev udvalgt, så de repræsenterede et så stort område som muligt i de to undersøgelsesområder. På hver station blev der udtaget 3 sedimentkerner, der i laboratoriet blev analyseret for indhold af organisk materiale i øverste cm af sedimentkernen. Det organiske indhold blev efterfølgende korreleret til den visuelle sediment karakter (1-5). Resultatet indgik som del-element i nedenstående modelarbejde.

2.1.3 Støtteparameter - lys

Som støtteparameter blev der indsamlet informationer om lysforhold i vandsøjlen i løbet af vækstsæsonen i begge undersøgelsesområderne. Lysintensitet blev målt med PAR-loggere i perioden 8.5.2017-22.9.2017 (Horsens Fjord) og 9.5.2017-8.9.2017 (Lillebælt) i tre forskellige dybder: 2, 5 og 8 m med 10 minutters måle-interval.

2.2 GIS-model

På baggrund af den omfattende kortlægning af områderne Horsens Fjord og Lillebælt er der blevet udviklet en model for hver af de to områder, som kan vurdere potentialet for ålegræssets rekolonisering i områderne. Modellen er udviklet på samme måde som tilsvarende modeller for Limfjorden (Canal-Vergés et al. 2016) og baseres overordnet på 9 miljøparametre, der hver udgør et lag i en vægtet overlay model (ArcGIS). Parametrene omhandler miljømæssige faktorer, der er udslagsgivende for ålegræssets etablering, såsom sedimentets stabilitet, lys- og iltforhold, samt tilstedeværelsen af makroalger, sandorm og ålegræs. De specifikke 9 parametre er:

- Fysisk eksponering (T_{wc})
- Organisk indhold i sediment (LOI)
- Frekvens af resuspension (R)
- Bentisk lystilgængelighed (BL)
- Iltforhold (O)
- Tilstedeværelsen af ikke-opportunistiske alger (NOM)
- Tilstedeværelse af opportunistiske og løst hæftede alger (OM)
- Tilstedeværelse af sandorm (L)
- Tilstedeværelsen af etablerede ålegræsbede (E)

De 9 parametre inddeles i fem kategorier (1-5) med definerede grænseværdier, der repræsenterer forhold gående fra meget dårlige (1) til optimale (5) for ålegræssets vækst og udbredelse. På den baggrund opstilles en vægtet *overlay* model, hvor alle parametre indgår som modellag. Alle lag vægtes med 10%, med undtagelse af lys (BL) og ålegræs (E), som vægtes med 20%. Laget

iltforhold (O) indgår i en efter-processering for at udelukke områder med dårlige iltforhold fra det endelige model-output. Det første output fra modellen angiver områder med potentiale for vegetativ spredning af ålegræs under den præmis, at der er eksisterende ålegræsbede i nærheden. I et efterfølgende trin, modelleres potentielt egnede områder for ålegræssets spredning via spiring af frø. Her udelades ålegræs-laget (E) fra analysen, da ålegræs i den umiddelbare nærhed ikke er en præmis for frøspredning. Da frø og kimplanter er mere sensitive end voksne ålegræsplanter, sættes desuden lavere grænseværdier for visse af modellagene. For yderligere detaljer se Canal-Vergés et al. 2016 and Flindt et al 2016.

2.3 Droner

DTU Space har gennemført et konceptstudie for at undersøge anvendeligheden af droner til overvågning af bestande af ålegræs. Antagelsen er, at droner vil gøre det muligt at lave præcise kortlægninger på især lavt vand med et lavere omkostningsniveau end med de traditionelle metoder til kortlægning.

2.3.1 Anvendt udstyr

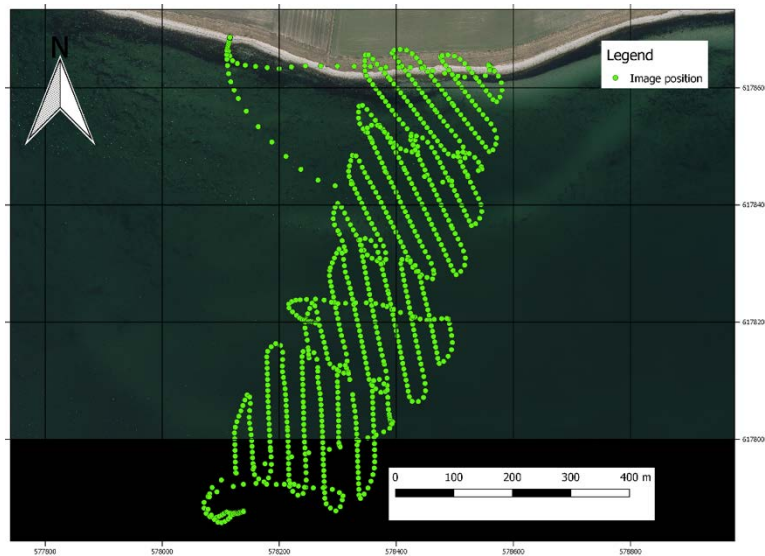
Følgende udstyr i form af drone-platform og sensor-pakker (nyttelaster) blev anvendt til projektet:

- *Drone-platform:*
 - DJI s900 (seks rotor-drone)
- *Nyttelaster:*
 - Fotogrammetri (farve-kamera, RGB)
 - Multi- og hyperspektralt kamera
 - Præcis positionering vha. GNSS (Global Navigation Satellite Systems: navigations-satellitter)

2.3.2 Gennemførte aktiviteter

Indledningsvis blev der gennemført dataindsamling i Horsens Fjord med såvel multispektralt kamera som RGB-kamera med henblik på at gøre de første erfaringer og identificere eventuelle udfordringer. Det var ved denne lejlighed ikke muligt at verificere ålegræsset (ingen in-situ målinger til "ground truth"), da der ikke var en båd til rådighed og vanddybden var for stor til vaders.

Næste skridt var kortlægning af ålegræs af et mindre område ud for Endelave (Figur 2). Der blev gennemført fem flyvninger d. 14. august 2017 med RGB-kamera (Sony Alpha A7R II med en 35mm linse fra Sony) som nyttelast. Figur 2 viser de fem flyvninger og hver grøn markering viser, hvor der blev optaget et billede. Der blev i alt optaget 1095 billeder. De to flyvninger tættest på kysten blev gennemført med start fra og landing på land, mens drone-platformen ved de tre andre flyvninger startede fra og landede på DTU Aquas båd "Fjordrejen". Flyvningerne dækkede et område på 250 m x 650 m og blev gennemført i en højde på 77 m. Fra denne højde var den resulterende opløsning på billederne 10 mm.



Figur 2. Oversigt over fem flyvninger ved Endelave gennemført d. 14. august 2017. Hver grøn markering viser, hvor der blev optaget et billede under flyvningerne.

Flyvningerne var planlagt, så alle billeder havde et 60% overlap til siden og et 80% overlap i front. Flyveretningen blev justeret til tidspunktet på dagen, så flyveretningen var skiftevis imod og væk fra solen. På Figur 2 ses, hvordan flyveretningen er drejet for hver enkelt flyvning afhængigt af solens position. Formålet med denne procedure var at reducere indflydelsen af direkte solrefleksion i vandoverfladen. Yderligere blev der anvendt et polarisationsfilter for at begrænse effekten af solrefleksioner.

Der blev også gennemført kortlægning af et område med ålegræs tæt på Endelave startende fra lav vanddybde til større dybde for at undersøge hvor langt ned i vandsøjlen ålegræs kan registreres med en drone-baseret sensor. Her blev måling med hyperspektralt kamera foretaget manuelt, men det viste sig senere at data ikke var anvendelige. "Ground truth" blev etableret ved manuel vanddybdemåling.

3. Resultater og diskussion

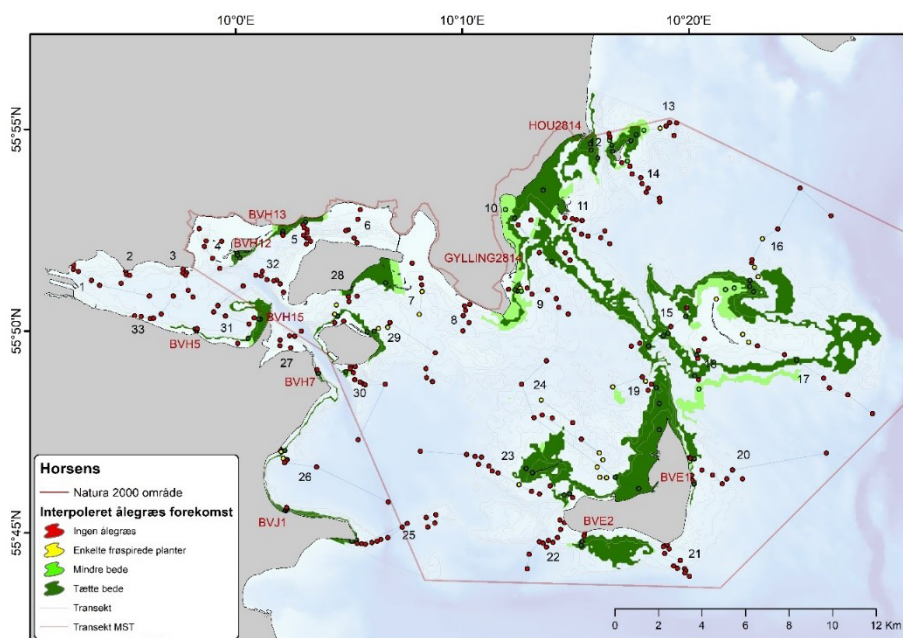
I det følgende gennemgås de samlede resultater for projektet i henholdsvis Horsens Fjord og Lillebælt. Resultaterne for Horsens Fjord er tidligere præsenteret og publiceret i konsekvensvurderingsrapporter for området dels som fuld konsekvensvurdering i 2017 (Nielsen *et al.* 2017) og som notat for fiskerisæsonen 2018/2019 (Nielsen *et al.* 2018). Hvad angår kortlægning af vegetation og udvikling af GIS-model for ålegræssets potentielle udbredelse i området, er den seneste af disse den mest fyldestgørende – dele af denne gengives i det følgende.

3.1 Horsens Fjord: kortlægning og model

3.1.1 Ålegræs

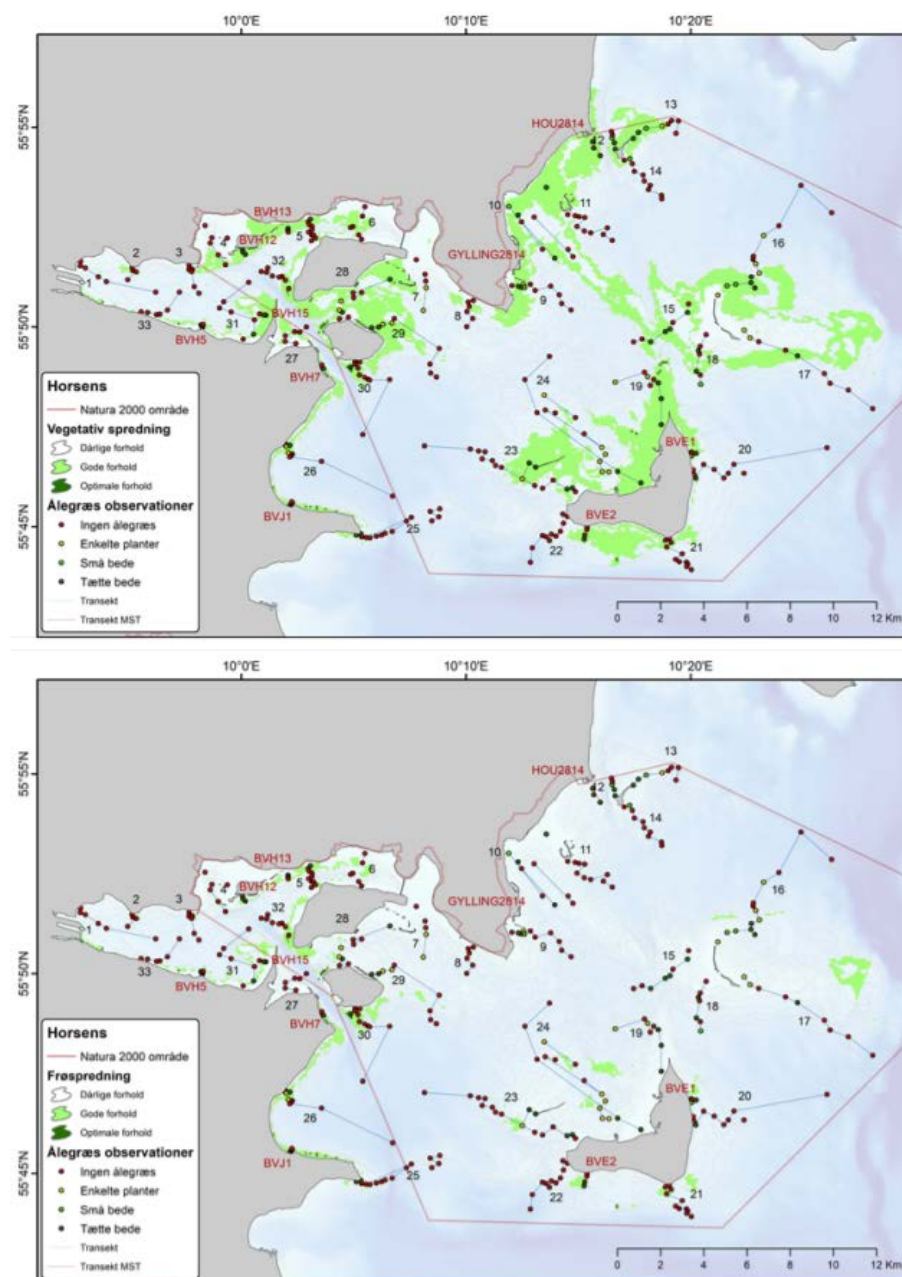
DTU Aqua har foretaget videomonitoring af ålegræs i Horsens Fjord i juni-juli 2016 på i alt 288 stationer omfattende dybder ud til 16 m. Stationerne udgør i alt 33 transekter fordelt over hele undersøgelsesområdet (Figur 3). Foruden DTU Aquas egne data fra området, er der i nedenstående resultater for ålegræskortlægningen i Horsens Fjord inddraget data fra Miljøstyrelsen (MST), der ligeledes foretager transektstudier af ålegræs i området. I alt er der fra MST inkluderet data fra 10 transekter (svarende til 38 dybdespecifikke stationer).

Figur 3 viser ålegræssets udbredelse i området baseret på det samlede data-sæt. Sammenhængende ålegræsbede er vist med mørkegrøn og mindre spredte forekomster med lysere grønt. Enkeltstående frøspirede planter er udelukkende vist som punkter (gul), da deres overlevelse er begrænset og svær at forudsige. Udbredelsen er baseret på interpolation mellem punkter af samme dybde, hvorved en overrepræsentation af de fatiske forekomster i områderne mellem de reelle punktobservationer kan forekomme.



Figur 3. Forekomst af ålegræs på DTU Aquas 33 transekter og 10 af Miljøstyrelsens (MST) transekter i Natura 2000 området ved Horsens Fjord i 2016. Forekomsten af ålegræs blev inddelt efter følgende kategorier: ingen ålegræs (rødt punkt), enkelte frøspirede planter (gult punkt), mindre bede (lysegrøn) og tætte bede (mørkegrøn). Der er foretaget interpolation mellem de enkelte positioner i hvert transekt for positioner, hvor enten mindre eller tætte bede blev observeret.

I Horsens Fjord blev der fundet enkeltstående frøspirede ålegræsplanter ud til 8 m, mens den maksimale dybdegrænse for reelle ålegræsbede var 6 m. Flere tætte bestande blev fundet indenfor Natura 2000 området, primært lokaliseret omkring Endelave, Svanegrund og Søby, men også i flere mindre områder i de indre dele af fjorden (Figur 3).



Figur 4. Modellering af ålegræssets mulighed for re-kolonisering i området ved Horsens Fjord ved henholdsvis vegetativ spredning (eller alternativt ved transplantation af voksne planter) (øverst) og ved frøspredning (nederst). Modellen er baseret på i alt 9 miljøparametre, der er udslagsgivende for ålegræssets etablering. Mørkegrønne og lysegrønne områder markerer områder, der er henholdsvis optimale og gode for ålegræssets etablering.

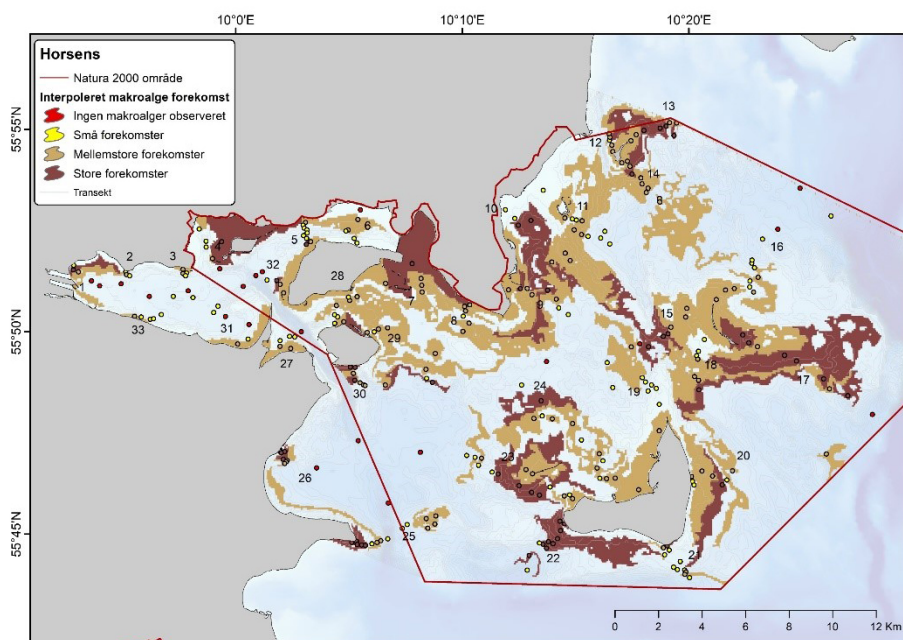
De interpolerede ålegræsforekomster (Figur 3) stemmer godt overens med modelresultaterne for ålegræssets mulighed for kolonisering i området ved Horsens Fjord via vegetativ

vækst, om end modellen estimerer større muligheder for ålegræssets udbredelse end, hvad reelt er realiseret i enkelte områder; især i de indre dele af fjorden (Figur 4, øverst). De områder, modellen udpeger som gode i forhold til ålegræssets mulighed for spredning via frø, ligger for størstedelens vedkommende i områder, hvor ålegræsset allerede er etableret (Figur 4, nederst). DTU Aqua vurderer derfor, at den primære spredningsmekanisme i området pt er via vegetativ vækst fra de etablerede ålegræsbede. For nærværende udgør områder med ålegræsbede ca. 10% af arealet i Horsens Fjord, mens modellen forudsiger en potentiel udbredelse på ca. 15%. Derfor er det DTU Aquas vurdering, at ålegræsset i visse områder har mulighed for ekspansion via vegetativ vækst ud over de nuværende forekomster. En større ekspansion end de 15% areal-dække bør dog ikke forventes, da frekvensen af resuspensionshændelser i Horsens Fjord generelt er høj og således ikke giver optimale forhold for en yderligere etablering af ålegræsset. Således vurderes 94% af Horsens Fjord at være udsat for resuspension minimum én gang om måneden, hvilket anslås som grænseværdi for ålegræssets etableringsmulighed (Canal-Vergés et al. 2016).

De enkelte model-lag for hver af de 9 input-parametre (fysisk eksponering/*shear stress*, organisk indhold i sediment/*LOI*, resuspension, bentisk lystilgængelighed, Iltforhold/*anoxia*, tilstedeværelse af sandorm/*lugworm*, opportunistiske makroalger, ikke-opportunistiske alger og ålegræs) til modellen i Horsens Fjord kan ses i bilag A.

3.1.2 Makroalger

Kortlægningen af makroalger i Horsens Fjord er vist i Figur 5. Interpolerede mellemstore og store forekomster er vist med brune nuancer, mens små forekomster udelukkende er vist som punkter (gule).



Figur 5. Udbredelsen af makroalger på 288 stationer i området ved Horsens Fjord i 2016. Farvekategorierne baserer sig på følgende forekomst: Ingen forekomster (rød), små forekomster (gul), mellemstore forekomster (lysebrun) og store forekomster (brun). Der er foretaget interpolation mellem de enkelte positioner på hvert transekt for mellemstore og store forekomster, men ikke for små forekomster. Dybdekurverne er angivet med blå nuancer i 1 m intervaller. For hver position blev der monitoreret ca. 90 m fjordbund.

Tabel 1. Makroalge-arter fundet på 18 udvalgte stationer i Horsens Fjord ved dykkerundersøgelse.

	Latinsk navn	Dansk navn	Forekomst (% af stationer)
Rødalger	<i>Aglaothamnion bipinnatum</i>	Tosidet havpryd	11
	<i>Ahnfeltia plicata</i>	Horntang	11
	<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	Rødtot	61
	<i>Brongniartella byssoides</i>	Juletræs-alge	61
	<i>Callithamnion corymbosum</i>	Tæt rødsky	28
	<i>Ceramium nodulosum</i>	Almindelig klotang	67
	<i>Ceramium</i> sp.	Fin klotang - art	39
	<i>Chondrus crispus</i>	Carrageentang	11
	<i>Coccotylus truncatus</i>	Kile-rødblåd	78
	<i>Corralina officinalis</i>	Koralalge	11
	<i>Cystoclonium purpureum</i>	Grisehaletang	44
	<i>Dasya baillouviana</i>	Dusk-tang	6
	<i>Delesseria sanguinea</i>	Blodrød ribbeblad	44
	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	Gaffeltang	28
	<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	Brunlig gracilariatang	11
	<i>Membranoptera alata</i>	Vinget ribbeblad	6
	<i>Phycodrys rubens</i>	Bugtet ribbeblad	67
	<i>Polyides rutundus</i>	Rødkløft	6
	<i>Phyllophora</i> sp.	rødblåd-art	61
	<i>Phyllophora pseudoceranioides</i>	Fliget rødblåd	39
	<i>Polysiphonia elongata</i>	Langstrakt ledtang	44
	<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	Violet ledtang	56
	<i>Polysiphonia fucoides</i>	Almindelig ledtang	78
	<i>Polysiphonia stricta</i>	Fin ledtang	6
	<i>Rhodomela confervoides</i>	Ulvehaletang	67
	<i>Spermothamnion repens</i>	Pudderkvastalge	6
		Røde skorpealger	94
Grønalger	<i>Bryopsis</i> sp.	Grønfjer	11
	<i>Chaetomorpha melagonium</i>	Mørkegrøn børstetråd	6
	<i>Cladophora sericea</i>	Silke-vandhår	28
	<i>Cladophora rupestris</i>	Klippe-vandhår	6
	<i>Ulva</i> sp.	søsalat-art	6
Brunalger	<i>Chorda filum</i>	Strengetang	61
	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	Almindelig skægtang	22
	<i>Dumontia contorta</i>	Dumont-alge	17
	<i>Ectocarpus siliculosus</i>	Almindelig vatalge	78
	<i>Elachista fucicola</i>	Knold-og-tot-alge	44
	<i>Fucus serratus</i>	Savtang	39
	<i>Fucus vesiculosus</i>	Blæretang	11
	<i>Halidrys siliquosa</i>	Skulptetang	22
	<i>Laminaria digitata</i>	Fingertang	28
	<i>Punctaria tenuissima</i>	Bølget priktunge	6
	<i>Saccharina latissima</i>	Sukkertang	50
	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	Brun totalge	83
	<i>Sphaerotrichia divaricata</i>	Blød vinkeltang	17
		Brune skorpealger	94

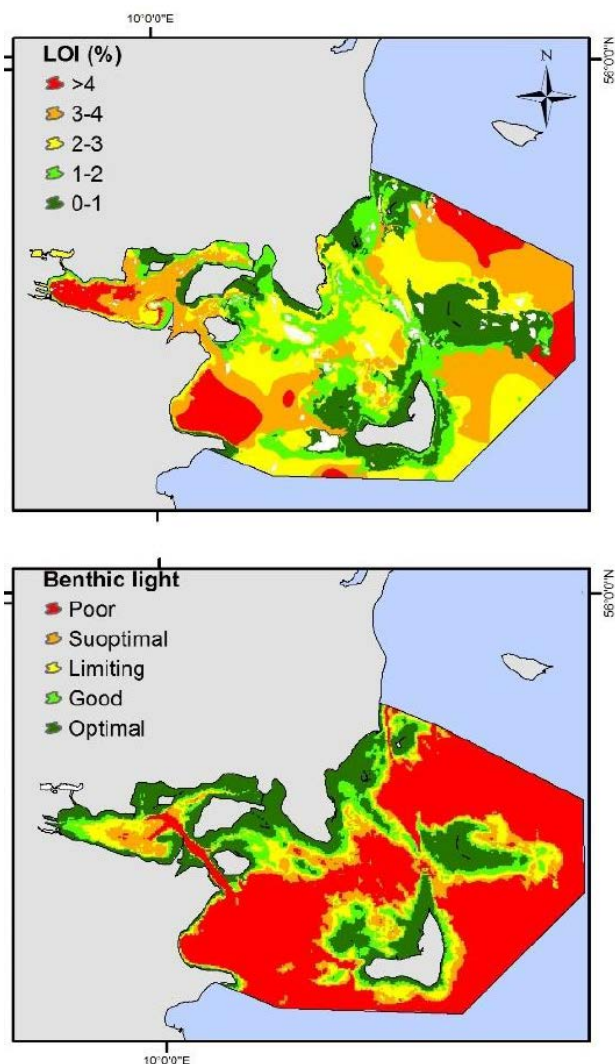
Generelt viser kortlægningen gode forhold for makroalger i området – især på mere åbent vand i de ydre dele af Horsens Fjord. Der blev fundet makroalger på 92% af stationerne og på alle dybder, der blev monitoreret på dvs. fra 1-16 m. Store forekomster blev observeret på vanddybder

op til 10 m. I de supplerende dykkerundersøgelser, der blev foretaget på 18 af de 288 stationer, blev der i alt fundet 46 forskellige makroalgearter. Heraf var 27 arter rødalger, 5 arter grønalger og 14 arter brunalger. Det færreste antal arter blev fundet på 2 m (8-12 arter), mens antallet af arter på vanddybder mellem 4 og 8 m var en anelse højere (15-23 arter). På 3 m blev der fundet mellem 8 og 21 arter. Den samlede liste over arter og deres procentuelle forekomst på de 18 stationer kan ses i

Tabel 1.

3.1.3 Sediment- og lyskarakteristik

Sedimentforholdene er kortlagt ud fra videooptagelser på 288 stationer og sedimentkerner på 30 stationer. På baggrund af den visuelle karakterisering af sedimentet, sammenholdt med analyse af det organiske indhold i 90 sedimentkerner fra 30 stationer i området, er det organiske indhold i sedimentet – udtrykt ved LOI (Figur 6, øverst), kortlagt og indgår som et af de 9 model-lag, der tilsammen beskriver den potentielle udbredelse af ålegræs i området.



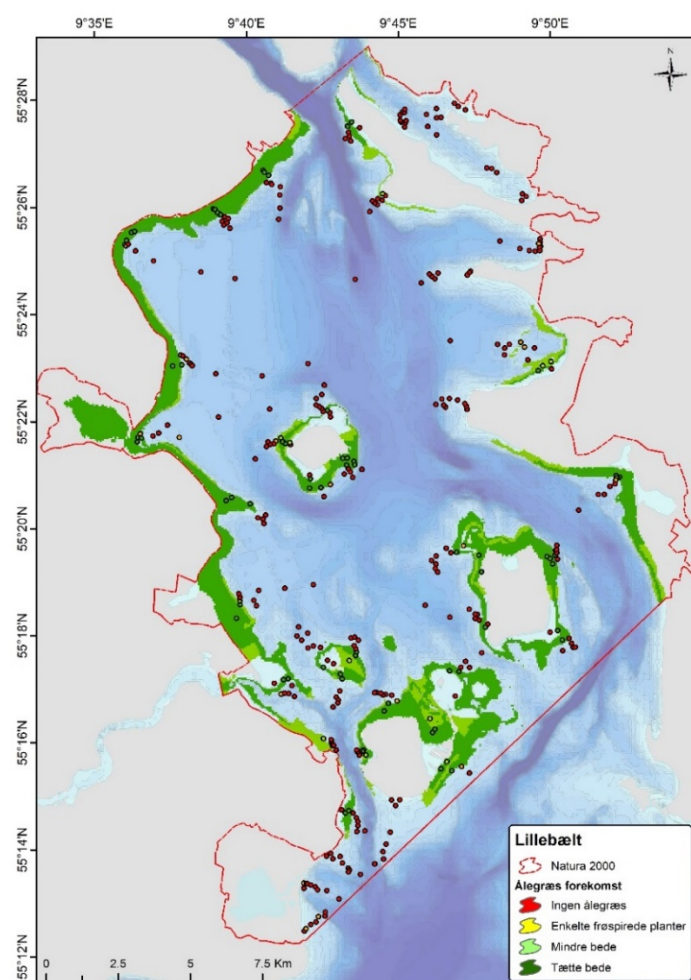
Figur 6. Øverst: Model-lag for sedimentets indhold af organisk materiale (udtrykt ved LOI%) i Horsens Fjord. Nederst: Model-lag for lysforholdene i Horsens Fjord. Farverne rød, orange, gul, lysegrøn og mørkegrøn markerer områder der er henholdsvis dårlige, suboptimale, begrænsende, gode og optimale for ålegræssets etablering.

Ud fra litteratur-studie af ålegræssets lysbehov og data indsamlet med lys-loggere i området henover vækstsæsonen og områdets bathymetri er lysforholdene i området kortlagt og indgår som et af de 9 model-lag (Figur 6, nederst), der tilsammen beskriver den potentielle udbredelse af ålegræs i området.

3.2 Lillebælt: kortlægning og model

3.2.1 Ålegræs

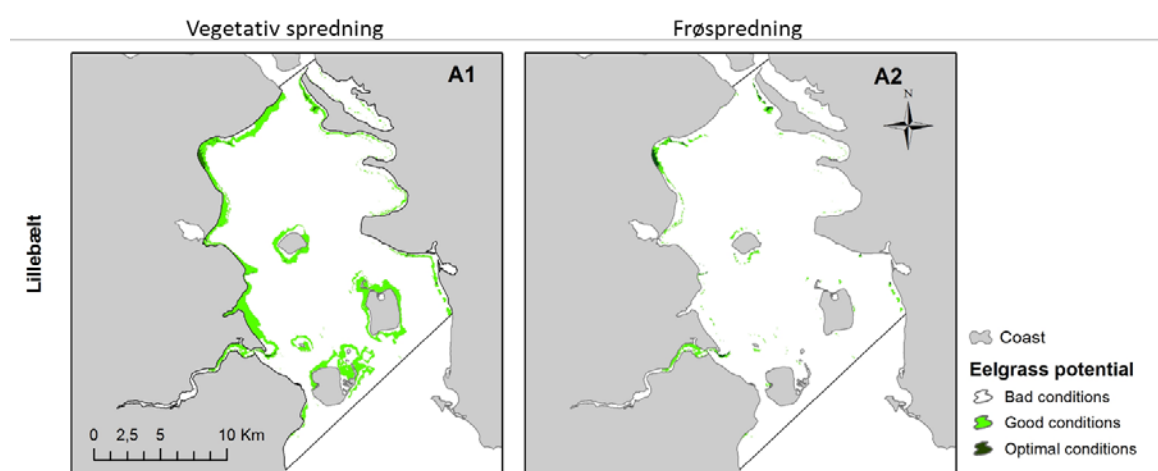
DTU Aqua har foretaget videomonitoring af ålegræs i Lillebælt i juni-juli 2017 på i alt 349 stationer omfattende dybder fra 1 til 16 m. Stationerne udgør i alt 39 transekter fordelt over hele undersøgelsesområdet (Figur 7). Figur 7 viser ålegræssets udbredelse i området baseret på interpolation af de 349 punkt-observationer. Sammenhængende ålegræsbede er vist med mørkegrønt og mindre spredte forekomster med lyserede grønt. Enkeltstående frøspirede planter er udelukkende vist som punkter (gul), da deres overlevelse er begrænset og svær at forudsige. Udbredelsen er baseret på interpolation mellem punkter af samme dybde, hvorved en overrepræsentation af de fatiske forekomster i områderne mellem de reelle punktobservationer kan forekomme.



Figur 7. Forekomst af ålegræs på DTU Aquas 349 stationer i undersøgelsesområdet Lillebælt i 2017. Forekomsten af ålegræs blev inddelt efter følgende kategorier: ingen ålegræs (rødt punkt), enkelte frøspirede planter (gult punkt), mindre bede (lysegrøn) og tætte bede (mørkegrøn). Der er foretaget interpolation mellem de enkelte positioner i hvert transekt for positioner, hvor enten mindre eller tætte bede blev observeret.

I Lillebælt blev der fundet enkeltstående frøspirede ålegræsplanter ud til 7 m, mens den maksimale dybdegrænse for ålegræsbede var 5 m. Flere større og tætte bestande blev fundet indenfor Natura 2000 området, primært lokaliseret omkring bæltets vestkyst, hvor kysten er mere beskyttet fra den dominerende vestenvind og øerne i området.

De observerede ålegræsforekomster (Figur 7) stemmer grundlæggende godt overens med modelresultaterne for ålegræssets mulighed for kolonisering i Lillebælt-området via vegetativ vækst (Figur 8, A1). Dog forudsiger modellen et potentiel ålegræsdække i området svarende til 11% af det totale areal, mens de interpolerede observationer viser et nuværende dække på 14%. Det kan enten betyde, at man i fremtiden kan forvente en lille tilbagegang af ålegræssets arealmæssige udbredelse i området eller, at modellen er en smule unøjagtig for det specifikke område. Omvendt kan det også blot være et udtryk for, at man med de interpolerede forekomster overrepræsenterer de reelle bede en smule mellem de enkelte punktobservationer.



Figur 8. Modelling af ålegræssets mulighed for re-kolonisering i Lillebælt ved henholdsvis vegetativ spredning (eller alternativt ved transplantation af voksne planter) (A1) og ved frøspredning (A2). Modellen er baseret på i alt 9 miljøparametre, der er udslagsgivende for ålegræssets etablering. Mørkegrønne og lysegrønne områder markerer områder, der er henholdsvis optimale og gode for ålegræssets etablering.

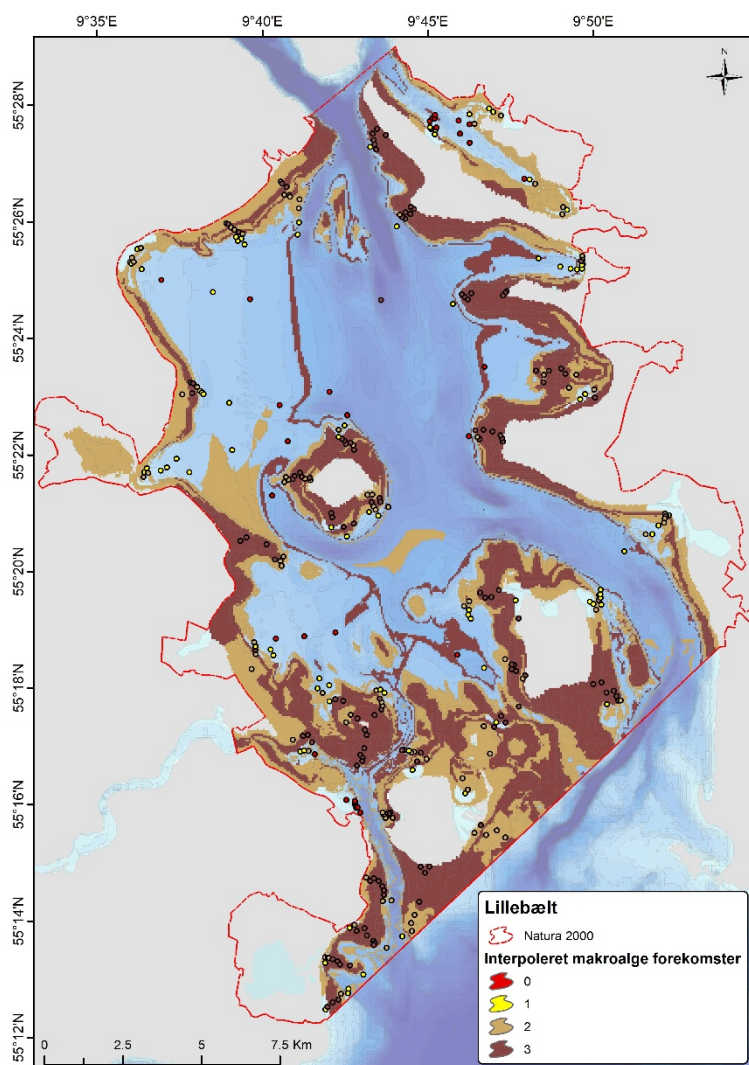
Som det er tilfældet i Horsens Fjord, er den største begrænsende faktor for ålegræssets ekspansion i området hyppigheden af resuspensionshændelser. Således vurderes 97% af Lillebælt at være udsat for resuspension minimum én gang om måneden, hvilket anslås som grænseværdi for ålegræssets etableringsmulighed (Canal-Vergés et al. 2016).

De enkelte model-lag for hver af de 9 input-parametre (fysisk eksponering/*shear stress*, organisk indhold i sediment/*LOI*, resuspension, bentisk lystilgængelighed, Iltforhold/*anoxia*, tilstedeværelse af sandorm/*lugworm*, opportunistiske makroalger, ikke-opportunistiske alger og ålegræs) til modellen i Lillebælt kan ses i bilag B.

3.2.2 Makroalger

Kortlægningen af makroalger i Lillebælt er vist i Figur 9. Interpolerede mellemstore og store forekomster er vist med brune nuancer, mens små forekomster udelukkende er vist som punkter (gule).

Som for Horsens Fjord viser kortlægningen af makroalger i Lillebælt generelt gode vilkår. Således blev der nøjagtigt som for Horsens Fjord fundet makroalger på 92% af alle stationerne. Mellemstore bestande blev fundet ud til de dybeste dybder, hvor der blev monitoreret (16 m), mens store bestande blev observeret ud til 12 m dybde. De dybe forekomster blev især observeret i områder med stærke strømforhold på langs af bæltet og i sejlrender.



Figur 9. Udbredelsen af makroalger på 349 stationer i Lillebælt i 2017. Farvekategorierne baserer sig på følgende forekomst: Ingen forekomster (rød), små forekomster (gul), mellemstore forekomster (lyse brun) og store forekomster (brun). Der er foretaget interpolation mellem de enkelte positioner i hvert transekt for mellemstore og store forekomster, men ikke for små forekomster. Dybdekurverne er angivet med blå nuancer i 1 m intervaller. For hver position blev der monitoreret ca. 90 m fjordbund.

Der blev foretaget supplerende undersøgelser med dykker på 15 stationer i området. På disse 15 stationer blev der i alt fundet 39 forskellige makroalgearter, hvoraf 24 var rødalger, 2 var grønalger og 13 var brunalger. Den samlede liste over arter og deres procentuelle forekomst på de 15 stationer kan ses i Tabel 12.

Tabel 2. Makroalge-arter fundet på 15 udvalgte stationer i Lillebælt ved dykkerundersøgelse.

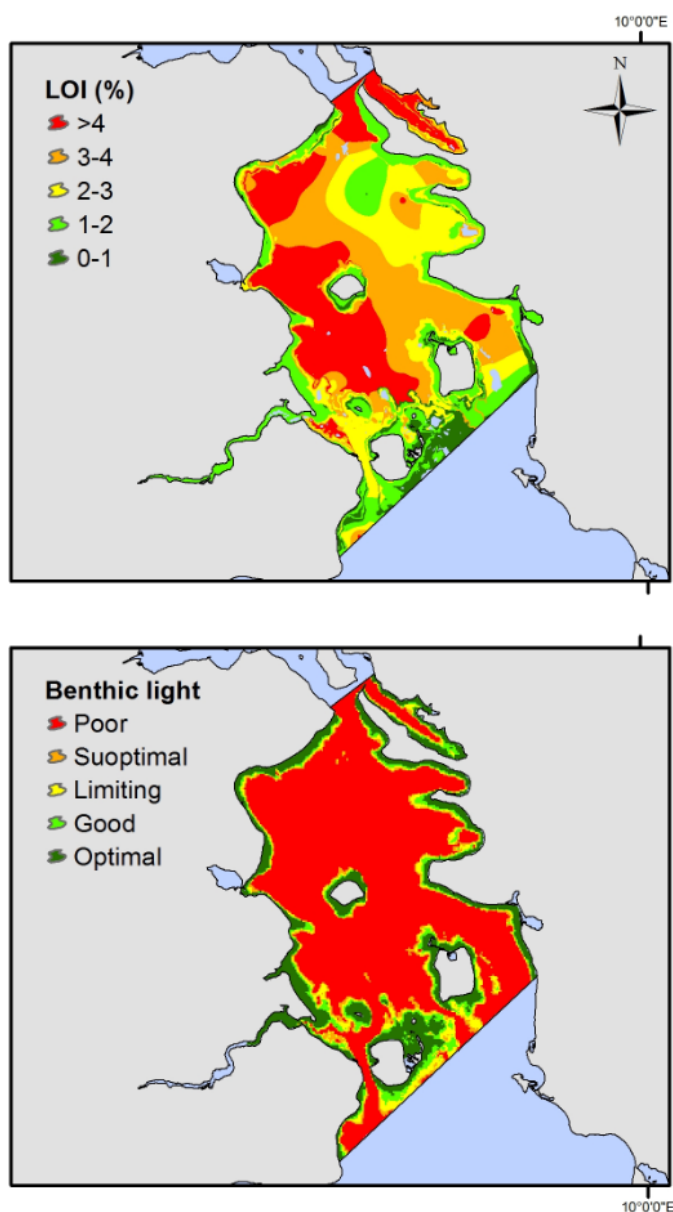
	Latinsk navn	Dansk navn	Forekomst (% af stationer)
Rødalger	<i>Aglaothamnion bipinnatum</i>	Tosidet havpyrd	27
	<i>Ahnfeltia plicata</i>	Horntang	53
	<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	Rødtot	53
	<i>Brongniartella byssoides</i>	Juletræesalge	47
	<i>Callithamnion corymbosum</i>	Tæt rødskey	53
	<i>Ceramium nudulosum</i>	Alm. Klotang	87
	<i>Ceramium</i> sp.	Klotang arter	73
	<i>Chondrus crispus</i>	Carragen tang	33
	<i>Coccotylus</i>	Rødblåd	87
	<i>Corralina officinalis</i>	Koralalge	0
	<i>Cystoclonium purpureum</i>	Grisehaletang	80
	<i>Dasya baillouviana</i>	Dusktang	27
	<i>Delesseria sanguinea</i>	Blodrød ribbeblad	93
	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	Gaffeltang	47
	<i>Membranoptera alata</i>	Vinget ribbeblad	7
	<i>Nemalion multifidum</i>	Ormetang	7
	<i>Polysiphonia elongata</i>	Langstrakt ledtang	33
	<i>Polysiphonia fucoides</i>	Alm. Ledtang	100
	<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	Violet ledtang	40
	<i>Phycodrys rubens</i>	Bugtet ribbeblad	87
	<i>Rhodomela confervoides</i>	Ulvehaletang	60
	<i>Spermothamnion repens</i>	Pudderkvastalge	73
		Røde skorpealger	100
		Lyserøde kalkskorper	7
Grønalger	<i>Bryopsis</i> sp.	Grønfjer	20
	<i>Chladophora</i> sp.	Vandhår	60
Brunalger	<i>Chorda filum</i>	Strengtang	80
	<i>Dictyosiphon chordaria</i>	Gylden skægtang	7
	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	Alm. Skægtang	7
	<i>Dumontia contorta</i>	Dumontalge	13
	<i>Ectocarpus siliculosus</i>	Vatalge	87
	<i>Elachista fucicula</i>	Knold og tot alge	53
	<i>Fucus serratus</i>	Savtang	53
	<i>Fucus vesiculosus</i>	Blæretang	13
	<i>Saccharina latissima</i>	Sukkertang	87
	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	Brun totalge	93
	<i>Sphacelaria plumosa</i>	Fjer-totalge	7
	<i>Sphaerotrichia divaricata</i>	Blød vinkeltang	40
		Brune skorpealger	73

De supplerende dykkerundersøgelser af makroalger på udvalgte stationer blev dels udført for at få et grundlæggende billede af diversiteten af makroalger i området, men derudover også for at kunne sikre, at man med videoanalyserne opnåede en tilstrækkelig detaljegråd af den reelle diversitet, som kun fuldt ud kan erkendes ved dykkerundersøgelser med en fagkyndig dykker. Ved videoanalyserne blev der registreret alger i 9 overordnede grupper ud fra en visuel vurdering og

de efterfølgende dykkerundersøgelser bekræftede, at man med denne metode formåede at beskrive den reelle diversitet – dvs. at man ved visuel analyse af videoerne var i stand til at skelne og registrere arter ned til niveau af de 9 overordnede grupper. Der blev således ikke i dykkerundersøgelserne fundet arter tilhørende grupper, der ikke allerede var noteret via videoanalysen. Dette gjaldt såvel undersøgelserne i Lillebælt, som dem i Horsens Fjord.

3.2.3 Sediment- og lyskarakteristik

Sedimentforholdene er kortlagt ud fra videooptagelser på 349 stationer og sedimentkerner på 30 stationer. På baggrund af den visuelle karakterisering af sedimentet, sammenholdt med analyse af det organiske indhold i 90 sedimentkerner fra 30 stationer i området, er det organiske indhold i sedimentet – udtrykt ved LOI (Figur 10, øverst) - kortlagt og indgår som et af de 9 model-lag, der tilsammen beskriver den potentielle udbredelse af ålegræs i området.

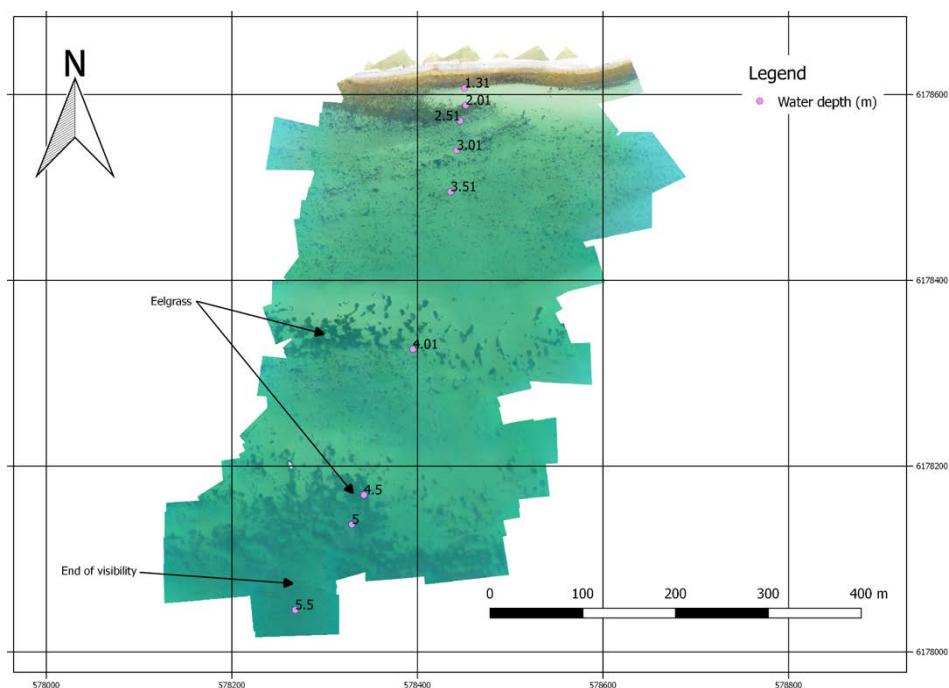


Figur 10. Øverst: Model-lag for sedimentets indhold af organisk materiale (udtrykt ved LOI%) i Lillebælt. Nederst: Model-lag for lysforholdene i Lillebælt. Farverne rød, orange, gul, lysegrøn og mørkegrøn markerer områder der er henholdsvis dårlige, suboptimale, begrænsende, gode og optimale for ålegræssets etablering.

Ud fra litteratur-studie af ålegræssets lysbehov og data indsamlet med lysmålere i området henover vækstsæsonen og områdets bathymetri er lysforholdene i området kortlagt og indgår som et af de 9 model-lag (Figur 10, nederst), der tilsammen beskriver den potentielle udbredelse af ålegræs i området.

3.3 Droner

I databehandlingen af droneflyvningen ved Endelave (Figur 2) blev billederne kombineret til ét kort: Først blev der genereret to ortorektificerede (oprettede og koordinatsatte) kort med softwaren Agisoft PhotoScan med målinger fra navigationsnyttelasten som georeference. For det første kort blev hvert andet billede brugt, hvilket resulterede i et sideoverlap på 60% og et frontoverlap på 60%. Det andet kort anvendte alle de billeder, der ikke blev anvendt i det første kort. De to kort dækker stort set det samme område, men da billederne er optaget på lidt forskellige positioner på lidt forskellige tidspunkter vil solrefleksioner være på forskellige steder i de to kort. Solrefleksionerne kan derfor elimineres ved at kombinere de to kort til ét. Figur 11 viser det kombinerede kort, hvor de lilla markeringer viser vanddybden.



Figur 11. Det kombinerede kort baseret på data indsamlet under fem flyvninger ved Endelave gennemført d. 14. august 2017. De lilla markeringer angiver vanddybden. De mørke områder er ålegræs.

På det kombinerede kort er de fleste mørke pletter identificeret som ålegræs. Målinger af vanddybden (markeret i Figur 11) viser, at ålegræsset kan identificeres visuelt indtil en vanddybde på ca. 5 m. Under dataindsamlingen var der en betydelig mængde fytoplankton i vandet. Hvis flyvningerne var blevet gennemført tidligere på året med mindre fytoplankton, ville det med stor sandsynlighed have været muligt at identificere ålegræs på større vanddybder. I Figur 12 ses en udsnits-forstørrelse af det kombinerede kort ved en vanddybde på ca. 4 m. De mørke områder i billedet er ålegræs.



Figur 12. Udsnits-forstørrelse af det kombinerede kort baseret på data indsamlet under fem flyvninger ved Endelave gennemført d. 14. august 2017. Udsnippet viser et område med en vanddybde på ca. 4 m. De mørke områder i billedet er ålegræs.

Databehandlingen og analysen viste også andre muligheder for at gennemføre relevante undersøgelser: bestemmelse af dækning af sten (fx området dækket med 20% småsten, 10% store sten, resten sandbund) samt bestemmelse af dækningsgrad af skaller.

Overordnet set viste resultaterne en forbedring i forhold til eksisterende metoder i form af *in situ* målinger foretaget fra båd eller ved dykning – særligt i områder med lav vanddybde (<4-5 m).

4. Sammenfatning

Med dette projekt er der tilvejebragt det nødvendige faglige grundlag for forvaltning af fiskeri af blåmuslinger i habitatområderne H52 Horsens Fjord og H96 Lillebælt gennem i begge områder at kortlægge vigtige økosystemkomponenter for muslingepolitikken, samt for H52 at have udarbejdet en skabelon for konsekvensvurdering af fiskeri i området (Nielsen et al. 2017). Desuden er der udviklet nye metoder til kortlægning og vurdering af ålegræs ved brug af modeller og droner med henblik på at optimere og omkostningseffektivisere fremtidige konsekvensvurderinger.

Således er der dannet grundlag for et bedre planlagt og udvidet fiskeri, og for H52 et nyt fiskeri. Fiskeriet kan desuden nu planlægges for en længere årrække uden at skulle konsekvensvurderes hvert år til fordel for såvel erhvervet som for myndighederne. Resultaterne vil således blive videreført i den fremtidige forvaltning af fiskeri efter blåmuslinger i begge habitatområder. Erfaringer og data der er genereret via projektet vil endvidere kunne anvendes i forvaltning af anden type fiskeri i området eller som grundlag for at evaluere metoder og miljøtilstand i et generelt perspektiv.

For begge områder er økosystemkomponenterne ålegræs og makroalger detaljeret kortlagt. En detaljeret kortlægning baseret på et grundigt datagrundlag er essentiel for en arealbaseret forvaltning. For ålegræs især gælder det, at forekomsterne i såvel Horsens Fjord som Lillebælt er meget spredt, hvormed et detaljeret transekt-studie, som nærværende, giver et væsentligt mere retvisende billede af forekomsterne end, hvad der må være tilfældet, hvis data fra få transekter med kendte forekomster gøres dækkende for store områder. Omvendt er transekt-studier som dette både arbejds- og analysetunge. Med henblik på at optimere og omkostningseffektivisere i forbindelse med fremtidige konsekvensvurderinger er der i begge områder desuden udviklet en GIS-model til estimering af ålegræssets potentielle udbredelse. Modellerne kan således på lang sigt medvirke til at sikre genopretning af ålegræsset gennem identifikation af delområder inden for habitatområderne, der i særlig grad bør beskyttes mod påvirkning af fiskeriet.

I forhold til forvaltning af områderne Horsens Fjord og Lillebælt vil den præcise kortlægning og modellering af de centrale økosystemkomponenter, der er tilvejebragt i dette projekt, sikre at forvaltningsplanerne i fremtiden kan ændres fra at være baseret på generelle dybdegrænser for fiskeriet og i stedet overgå til at basere sig på specifikke beskyttede områder fx i form af ålegræsskasser, hvor fiskeri er forbudt. I seneste konsekvensvurdering for Horsens Fjord, er dette allerede implementeret. Desuden bliver det muligt at forvalte fiskeriet uden, at det påvirker habitatområderne negativt.

4.1 Fremtidig brug af GIS-modeller

Implementering af GIS-modeller som værktøj for kortlægning af ålegræs i forbindelse med de årlige konsekvensvurderinger er et ressourcebesparende alternativ til de omfattende transekt-studier, men bør altid kobles med reelle monitoringsstudier i felten for kontinuerligt at validere modellen. Desuden bør modellerne ikke opfattes som et statisk redskab, men derimod som et dynamisk redskab, der løbende kræver kalibrering og forfinelse.

Modellerne for Horsens Fjord og Lillebælt baserer sig, som det er tilfældet for de tilsvarende modeller fra Limfjorden, på i alt 9 model-lag. Flere af disse er hængt op på et datalag for bathymetrien i området. En høj opløsning af bathymetri-laget er således afgørende for sensitiviteten og nøjagtigheden af den endelige model. For modellerne, der er udviklet inden for dette projekt, har det især vist sig betydende for området Horsens Fjord, hvor opløsningen i kystnære områder har været meget grov, hvilket medfører en grov opløsning på flere af model-lagene, der indgår i analysen af potentielle områder for ålegræssets re-kolonisering. I fremtiden bør det derfor prioriteres at opdatere modellen med et finere bathymetri-lag i det omfang, dette er tilgængeligt. Desuden kan der overvejes forfinelse af flere af de øvrige lag.

4.2 Fremtidig anvendelse af drone-teknologi

Samlet set har konceptstudiet med droner vist, at denne teknologi kan bidrage til en mere effektiv systematisk overvågning af bestande af ålegræs – særligt på lavt vand, hvor det er vanskeligt eller meget tidskrævende at lave in situ målinger. Desuden kan data fra droneflyvninger geolokaliseres med stor præcision, hvorved det sikres, at det er de præcis samme områder, som kortlægges ved gentagne monitoringskampagner.

Forsøgene har dog også vist, at anvendelse af drone-teknologi har en række udfordringer, der skal adresseres for at anvendelsen er effektiv og rentabel. Således bør kortlægning af større områder fortrinsvis gennemføres med fastvingede droner i stedet for rotor-baserede systemer, da fastvingede droner har en længere rækkevidde.

Et naturligt næste skridt for anvendelsen af drone-teknologi til systematisk overvågning af bestande af ålegræs vil være at gennemføre yderligere tests med hyperspektralt kamera for at kunne vurdere, til hvilken vanddybde ålegræs effektivt kan ses fra en drone, samt at anvende en fastvinget drone til optimering af kortlægningsproceduren for større områder.

5. Referencer

Canal-Vergés P, Petersen JK, Rasmussen EK, Erichsen A, Flindt MR (2016). Validating GIS tool to assess eelgrass potential recovery in the Limfjorden (Denmark). *Ecological modelling* 338: 135-148.

Flindt M, Rasmussen EK, Valdemarsen TB, Erichsen A, Kaas H, Canal-Vergés P (2016). Using a GIS-tool to evaluate potential eelgrass reestablishment in estuaries. *Ecological Modelling* 338:122-134.

Nielsen P, Canal-Vergés P, Nielsen MM, Geitner K & Petersen JK (2017). Konsekvensvurdering af fiskeri efter blåmuslinger ved og øst for Horsens Fjord samt Endelave 2017. DTU Aqua-rapport nr. 319-2017. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 46 pp. + bilag

Nielsen P, Geitner K, Olsen J, Nielsen MM (2018) Notat vedrørende konsekvensvurdering af fiskeri af blåmuslinger ved og øst for Horsens Fjord samt Endelave 2018/2019. DTU Aqua-rapport. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 16 pp. + bilag

Bilag A: Model-lag for Horsens Fjord

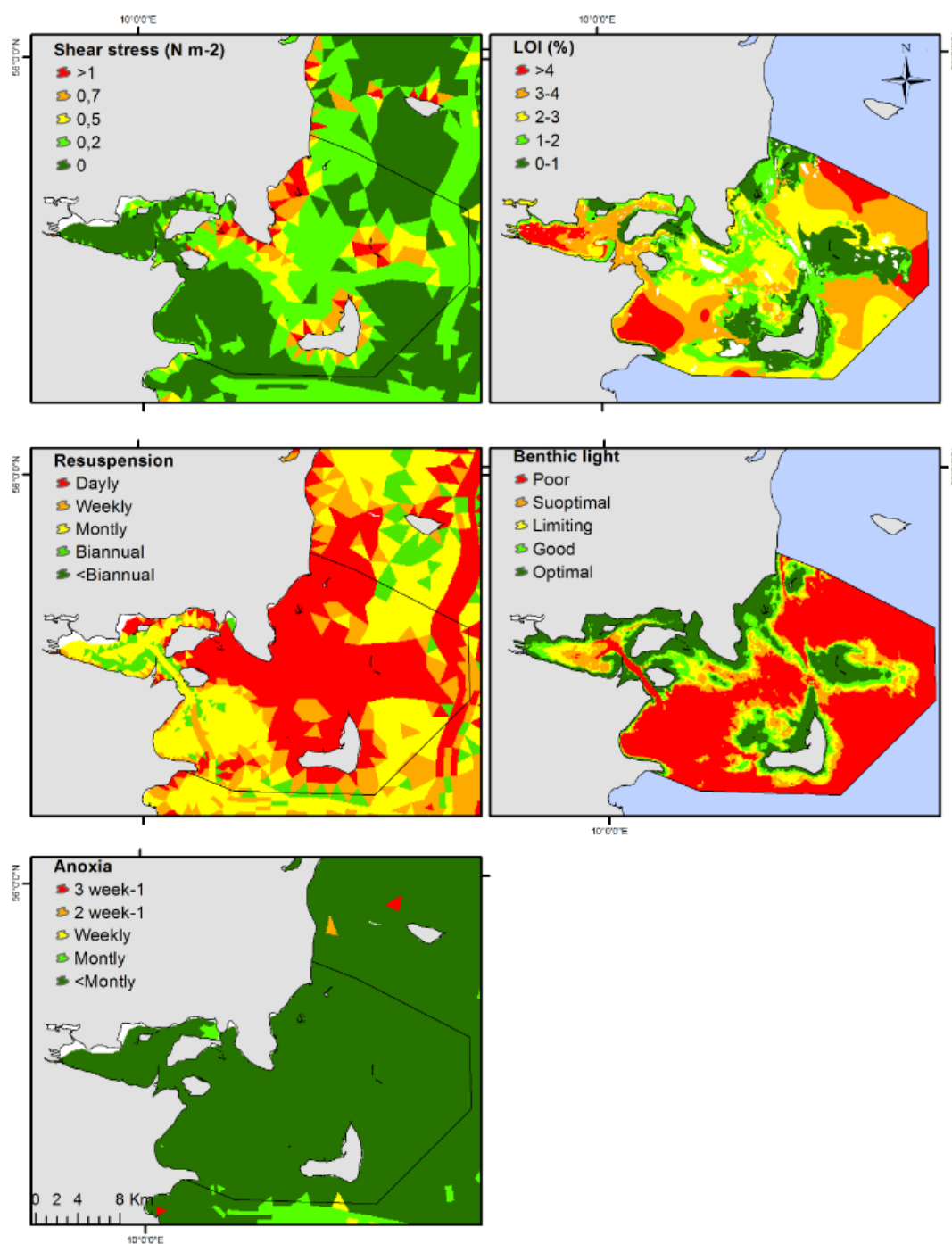


Figure S1. Input-lag for fysisk eksponering/shear stress, organisk indhold i sediment/LOI, resuspension, benthisk lystilgængelighed og iltforhold/anoxia for modellen i Horsens Fjord.

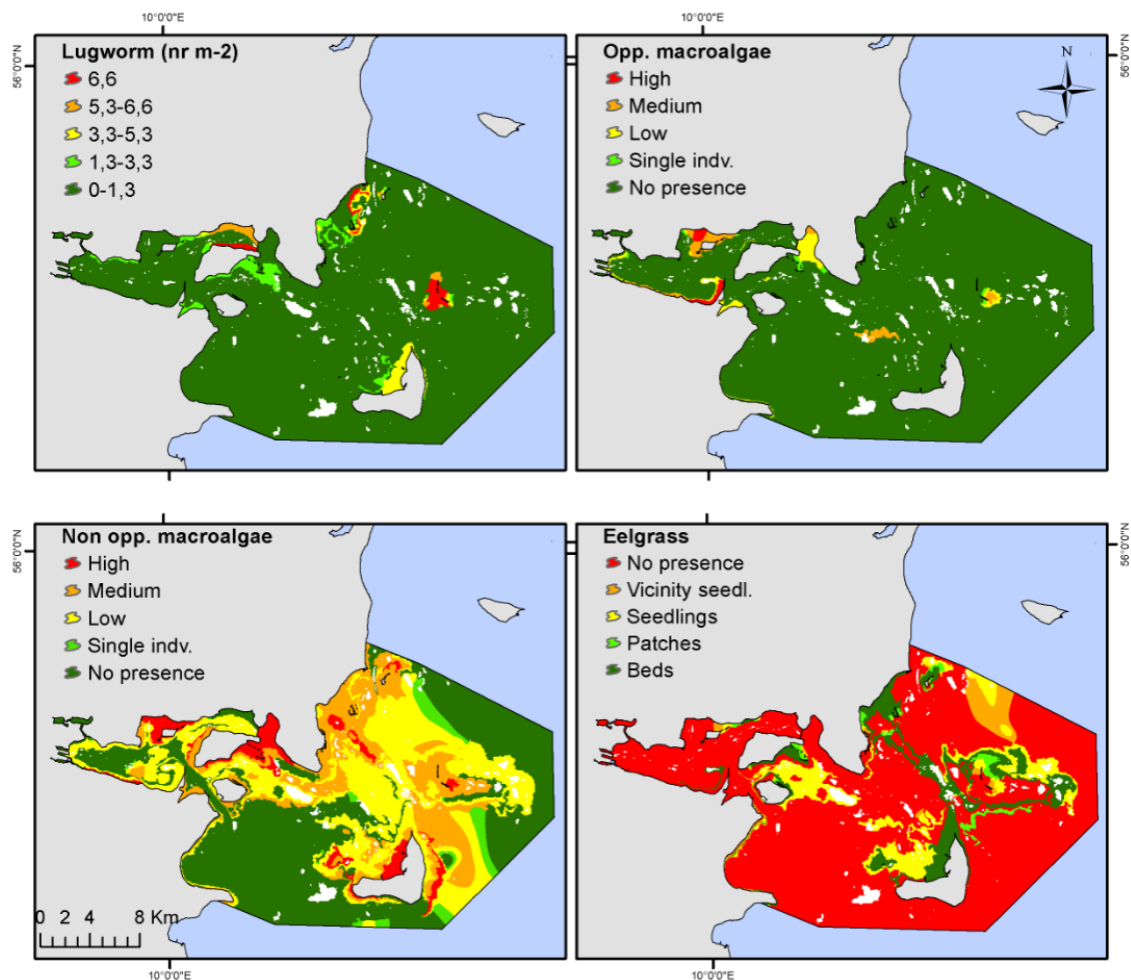


Figure S2. Input-lag for sandorm/lugworm, opportunistiske makroalger, ikke-opportunistiske makroalger og ålegræs for modellen i Horsens Fjord.

Bilag B: Model-lag for Lillebælt

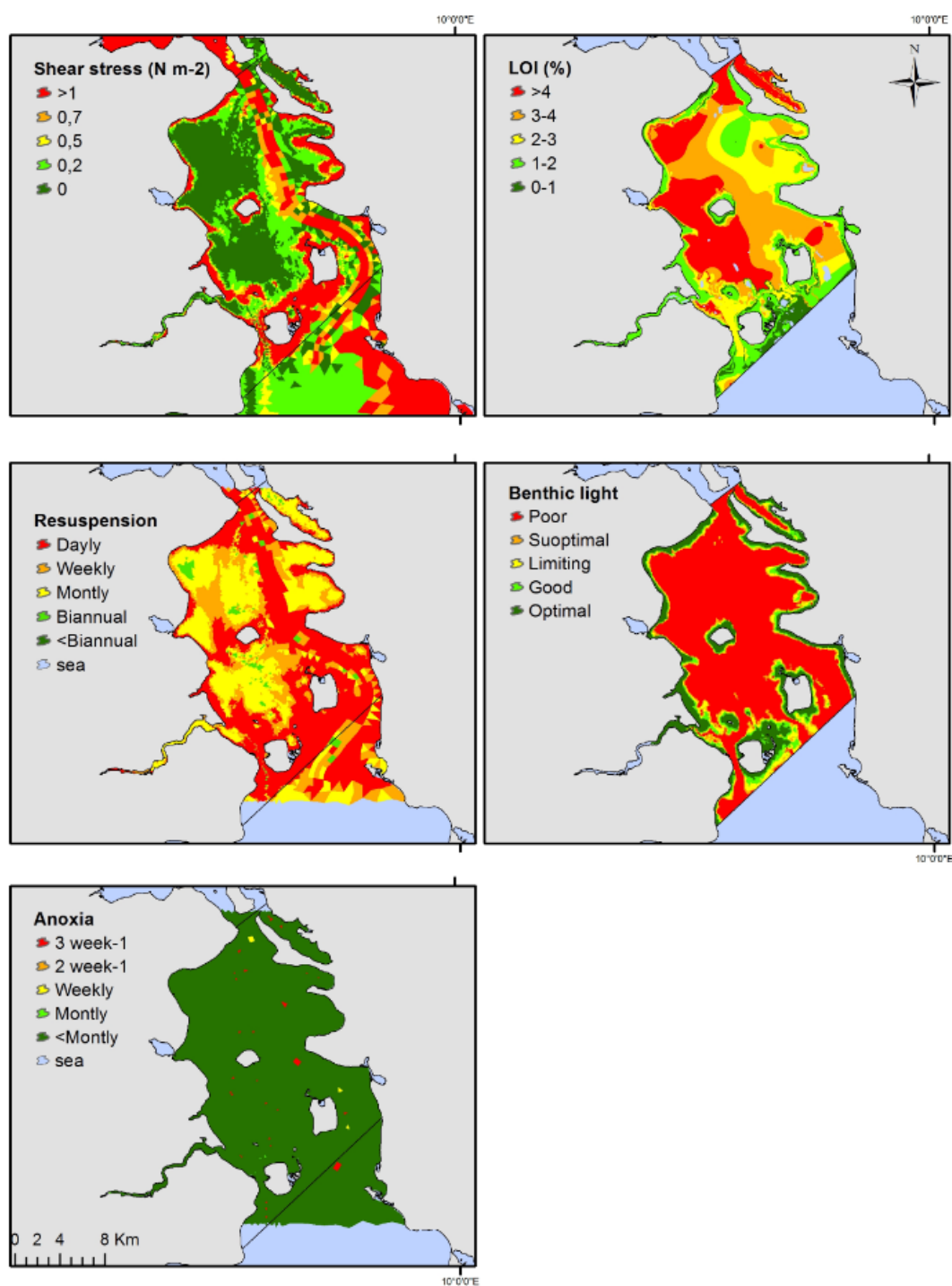


Figure S3. Input-lag for fysisk eksponering/shear stress, organisk indhold i sediment/LOI, resuspension, benthisk lystilgængelighed og iltforhold/anoxia for modellen i Lillebælt.

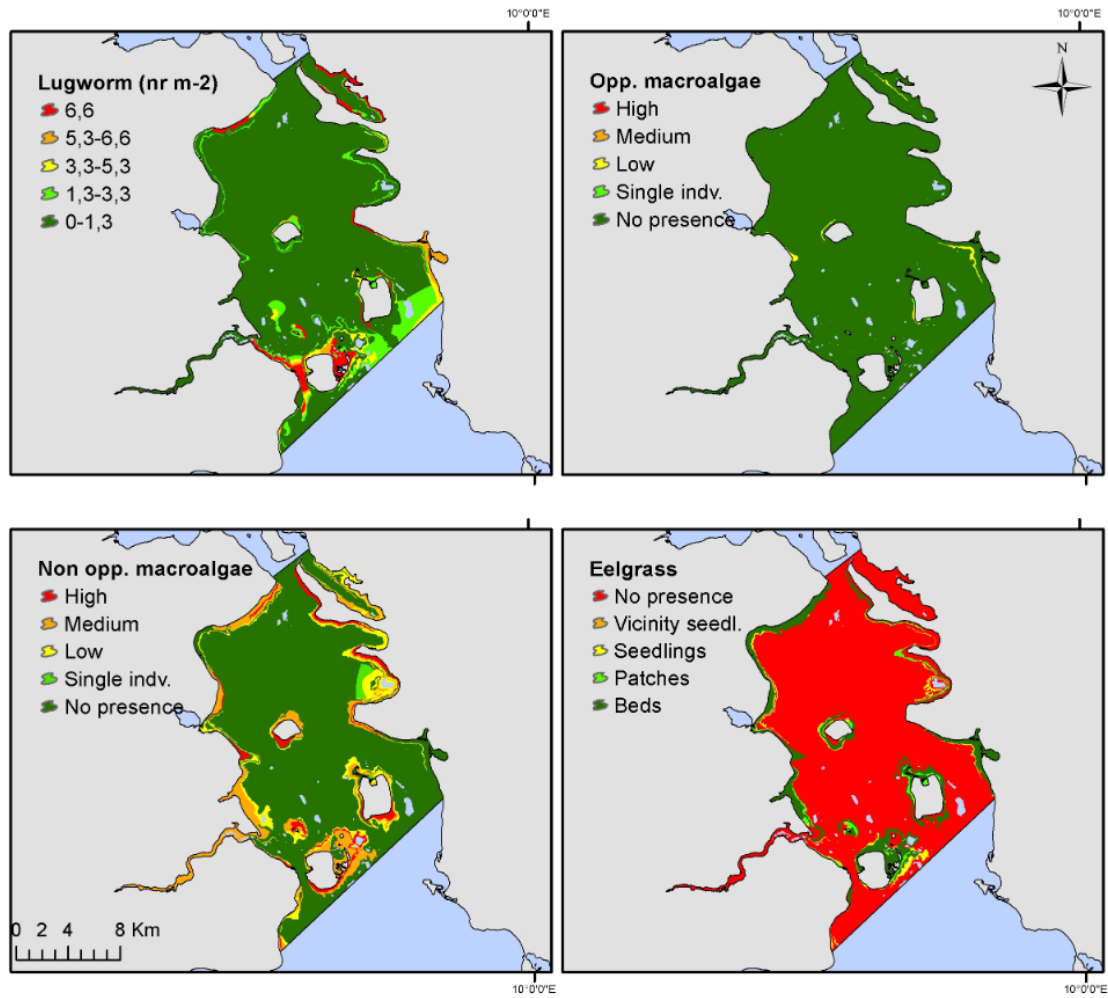


Figure S4. Input-lag for sandorm/lugworm, opportunistiske makroalger, ikke-opportunistiske makroalger og ålegræs for modellen i Lillebælt.

Danmarks
Tekniske
Universitet

DTU Aqua
Kemitorvet
2800 Kgs. Lyngby

www.aqua.dtu.dk